

污水处理厂提标改造工程方案设计探讨

王冰¹ 周春华²

1. 漯河市环境科学技术研究所 2. 漯河市生态环境局源汇分局

摘要:河南省某地级市东城污水处理厂总设计处理规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 进水工业废水占比60%~70%, 污水处理厂分为两期建设, 一期采用“AAO+普通辐流式二沉池+高密度斜管沉淀池+转盘滤池+紫外消毒”处理工艺, 二期采用“AAO+矩形周进周出二沉池+磁混凝沉淀池+转盘滤池+紫外消毒”处理工艺。本次提标在现有工艺基础上增加“二级提升泵站+反硝化深床滤池+臭氧催化氧化”方案, 将出水标准由《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中一级A标准, 提升至《地表水环境质量标准》表1中准IV类标准。

关键词: 污水处理厂; 提标改造; 反硝化深床滤池; 臭氧催化氧化

河南省某地级市东城污水处理厂总设计处理规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 分为两期建设, 尾水通过厂外提升泵站排入黑河, 出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) [1]一级A标准。根据《某市污染防治攻坚战三年行动计划(2018-2020年)》, “全市所有在运行、在建的城镇污水处理厂和直排入河企业出水必须达到地表水准IV类标准要求, 执行《地表水环境质量标准》(GB 2828-2002) [2]表1中IV类标准, 其中限定COD $\leq 30 \text{ mg/L}$ 、氨氮 $\leq 1.5 \text{ mg/L}$ 、总磷 $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ 、总氮 $\leq 10 \text{ mg/L}$ ”。2019年1月, 东城污水处理厂按照要求启动了提标改造工程, 提标后的东城污水处理厂出水水质稳定达到了地表水准IV类标准。

一、现有工程概况

东城污水处理厂分两期建设, 一期工程建成于2010年, 处理规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用“AAO+普通辐流式二沉池+高密度斜管沉淀池+转盘滤池+紫外消毒”处理工艺; 二期工程建成于2019年, 处理规模为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用“AAO+矩形周进周出二沉池+磁混凝沉淀池+转盘滤池+紫外消毒”处理工艺。尾水通过厂外提升泵站排入黑河, 出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准。污水处理厂一、二期的污泥均采用重力浓缩+机械脱水工艺, 处理至污泥含水率80%时外运至市政污泥处理厂处置。目前污水处理厂设计进出水水质情况见表1。

表1 污水处理厂现有工程设计进出水水质一览表

(单位: mg/L)

	COD	BOD ₅	氨氮	SS	总氮	总磷
设计进水水质	450	220	35	200	45	6
设计出水水质	50	10	5	10	15	0.5

二、现有工程存在问题

1、污水处理厂进水水质波动较大。该污水处理厂接纳污水中城区生活污水占比为30%~40%, 工业废水占比为60%~70%, 工业废水成分复杂, 包括食品加工、机械加工、印染等行业生产废水, 水质波动易对污水处理设施造成冲击。

2、进水量随季节波动大。因城市排水体制为合流, 未实现雨污分流, 汛期大量雨污混合水汇入管网, 污水厂超负荷运转; 而秋冬季由于重污染天气企业管控减产停产、居民生活用水减少等因素, 污水厂进水量较低, 水量变化系数较大。

3、进水主要污染物浓度远低于设计值。因当地地下水位

较高, 大量地下水反渗进入管网; 区域内城市基础设施开挖、房地产项目较多, 工地基坑降水排放管控不严, 大量水质优良的地下降水排放至污水管网, 导致污水处理厂进水主要污染物COD、BOD₅等指标浓度远低于设计值, 污水碳氮比较低, 生物脱氮除磷效果不理想。

4、设计标准与提标要求差距较大。目前污水处理厂的生产工艺主要针对《城镇污水处理厂污染物排放标准》中一级A排放标准设计, 要提标到地表水环境质量准IV类, 出水水质指标提标的幅度较大。

三、提标工程概况

(一) 前期工艺路线研究

综合分析污水厂厂区内现在实际情况, 一、二期工程泥水分离、深度处理采用的处理工艺不同, 而且受厂区内土地限制, 构筑物布置紧凑, 已无法通过调整运行模式或在现有建构筑物周边增加处理措施等方式满足提标后的排放标准, 在现有处理工艺上挖潜提标难度极大。

现有污水处理工艺中, 生化段负荷较高, 提标之后, 出水COD指标需由50mg/L下降至30mg/L, 而前端生化工艺对可生物降解的有机污染物的消除能力已经达到极限, 污水中剩余的有机污染物均为难生物降解有机物。在一级A基础上增加40%处理程度, 普通生物处理已无法满足要求, 需采用高级氧化工艺加以解决, 本次提标拟增设臭氧高级氧化系统。

总氮出水指标需低于10mg/L, 考虑采用本项目现污水厂内一、二期均已建成投运, 已无改造前置脱氮可能性。且考虑污水中总碳源不足, 原前置缺氧池的脱氮效率已达极限, 故本次提标设计拟增设深床反硝化滤池, 外加碳源进行后置脱氮。

氨氮指标由原5mg/L下降至1.5mg/L, 在一级A基础上增加70%处理程度, 经初步核算, 现用一期、二期生化池污泥龄、污泥负荷及碱度均能满足完全消化的运行条件, 可通过增设曝气设备、加大曝气量等措施来进行提升。

总磷出水指标由0.5mg/L下降至0.3mg/L, 普通生物除磷无法满足要求, 需增强化学絮凝除磷工艺。因现有工程二期采用磁混凝沉淀池, 去除总磷效果较好, 可稳定确保排放达标, 本次总磷提标重点在于加强一期构筑物除磷能力, 考虑除在二沉池进水增加除磷加药点外, 在提标段反硝化滤池前投加PAC, 机械搅拌絮凝后进入反硝化深床滤池, 以降低出水总磷, 确保排放达标。

经分析, 确定本次污水处理厂提标改造工艺流程见图1。

(二) 提标工程设计

根据污水处理厂实际运行情况及提标改造要求, 本次污水厂提标采用一、二期统筹提标改造, 将现有一二期尾水通过二级泵站提升至提标段, 在现有流程基础上增加后续深度处理设施的设计方案, 主要构筑物设计参数如下:

1. 新建反硝化深床滤池。处理规模为 $5 \text{万 m}^3/\text{d}$, 设置6格滤池, 单格滤池长2.9m, 宽18.29m, 平均流量流速为 $6.55 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 采用石英砂滤料, 滤层厚度2.44m。采用气水反冲洗, 反冲洗水泵一用一备, 设计流量 $777 \text{ m}^3/\text{h}$, 配套清水池有效容积 372 m^3 , 反冲洗废水池 310 m^3 。设置鼓风机6台, 3台用于为反硝化深床滤池滤池提供反冲洗空气来源, 单台风量 $5835 \text{ m}^3/\text{h}$; 3台用于一二期生化池补充曝气, 单台风量 $1200 \text{ m}^3/\text{h}$ 。滤池总水头

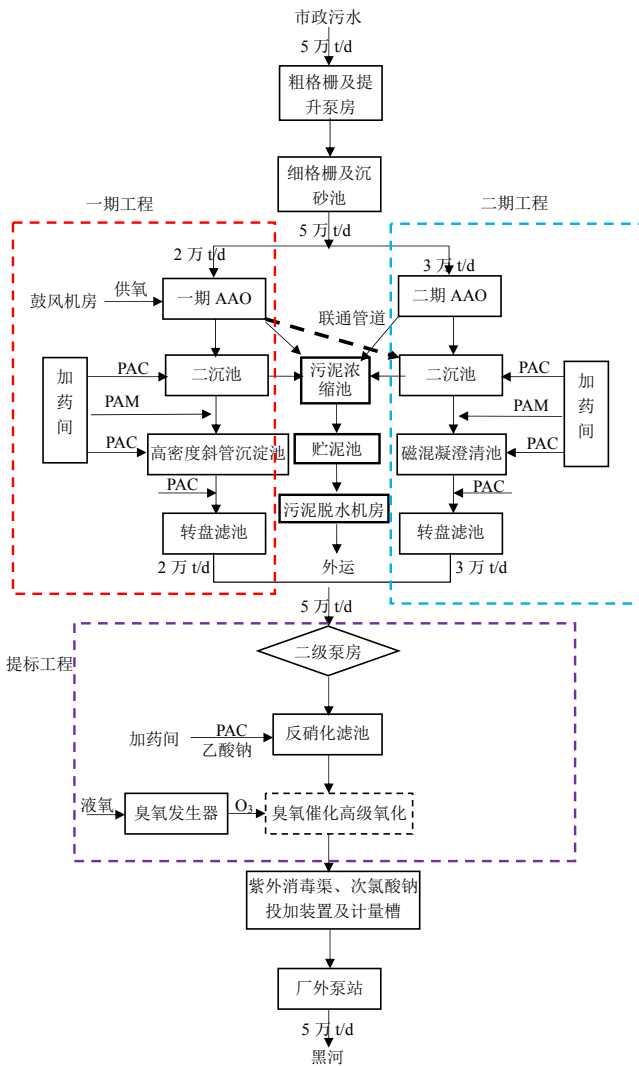


图1 污水处理厂提标改造工艺流程图

损失为2.5m，反冲洗周期为24~48h，持续时间为20min。碳源加药间与深床滤池合建，碳源选择乙酸钠，投加量为32mg/L，采用前馈+后馈控制形式确保滤池出水COD不升高。

2. 新建臭氧催化氧化池。设计流量为2708m³/h，单格池长11.5m，宽8m。配套臭氧发生器设计规模按最大运行规模配备，臭氧投加比例选1.2:1，设计臭氧投加量为30mg/L，臭氧发生车间配置3套35kg/h的臭氧发生设备，单机装机功率319kW，包括臭氧发生器、冷却系统、臭氧尾气破坏装置等，以及一台50m³的液氧储罐。

(三) 运行效果

该污水处理厂提标改造工程于2019年1月建成，经2019年上半年的调试和试运行，从7月起，该污水处理厂出水已能够稳定达到准IV类标准，出水水质情况如下表所示：

四、关于提标工程的经验与思考

在污水处理厂提标改造设计方案中，针对出水总氮要求≤10mg/L的排放标准，反硝化深床滤池成了设计的普遍性选择。从实际运行效果来看，反硝化深床滤池要高效地发挥作用，运行控制中有两个问题很关键，一是反硝化深床滤池进水溶解氧指标的控制，二是碳源投加量控制。反硝化深床滤池去除总氮时需要缺氧环境，进水溶解氧浓度高的话会影响到总氮的去除效率，必须超量投加碳原先消耗掉污水中过量的溶解氧，后续才能用于脱除总氮。但实际运行中滤池的进水溶解氧浓度控制难度较大，这主要因为污水处理厂出水执行准IV类标准，氨氮需要控制在1.5 mg/L以下，为确保氨氮达标只能加大生反池的曝气量，生反池出水溶氧浓度往往就达到了4mg/L左右。此外，经生化处理系统处理后二沉池出水中污染物含量已经很低，消耗氧的物质很少，各构筑物进、出水堰的跌水有充氧作用。2010年无锡芦村污水厂的运行结果就表明，二沉池后每一级跌水的充氧量约1.5~2.0mg/L。这也是反硝化深床滤池运行中碳源必须超量投加的重要因素。由于滤池进水的总氮和溶氧浓度一直会有波动，碳源投量必然随之调整，否则投量过少达不到总氮去除效果，投量过多又会造成出水COD的超标。

可以考虑从以下几个方面控制应对上述问题：一是在二级处理系统完成总氮控制，在A²O生化池的末端缺氧段投加碳源去除总氮，仅将反硝化深床滤池作为总氮达标排放的最终保障措施。二是准确控制生物反应池的曝气量，及时调整，在满足处理要求的前提下尽量减少曝气量，既节能也可减少出水的溶解氧浓度，减少后端的处理负担。三是二沉池出水至反硝化深床滤池区段应尽量保持渠道内水流流态平稳，减少跌水次数、降低跌水高度。四是反硝化深床滤池采用自动加药系统，通过前馈控制和后馈控制的结合，实现碳源投加的精准控制，达到总氮与COD均达标排放的平衡。

五、结语

污水处理厂提标改造是提升河流水质，打好碧水保卫战的治本性工程措施，对改善和消减流域水环境的污染具有非常重要的作用和意义。在东城污水处理厂提标改造工程中，根据污水处理厂现状，在现有处理工艺基础上增设了二级提升泵站+反硝化深床滤池+臭氧催化氧化的方案，实际运行结果表明，系统运行良好，出水能够稳定达到地表水准IV类要求。

参考文献

- [1] 鲍立新. 深床滤池在无锡芦村污水处理厂的运行效果[J]. 中国给水排水, 2012, 28(6): 41-43
- [2] 陈秀成. 嘉兴联合污水处理厂提标改造工程设计及经验总结[J]. 中国给水排水, 2020, 36(4): 47-52

表2 提标后污水处理厂进出水水质一览表 (单位: mg/L)

	COD	BOD ₅	氨氮	SS	总氮	总磷
污水处理厂进水口	143	46.0	10.4	218	21.3	4.13
污水处理厂总排口	11.1	3.2	0.31	7.2	3.46	0.05
提标后工程实际去除效率	92.24%	93.04%	97.02%	96.7%	81.2%	98.78%